



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",  
SEBEȘ, 2012

## MULTIPLICATOARELE INSTALAȚIILOR ENERGETICE EOLIENE ( I )

Gheorghe MILOIU, Mihai IONEL

### MULTIPLIERS OF THE WIND TURBINES ( I )

This paper emphasizes the changes appeared in the technique of the wind turbine driving in the last two decades.

Three schemes of multipliers used now are presented and the calculus elements are done allowing the structural optimization of these transmissions.

Cuvinte cheie: transmisii eoliene, multiplicatoare eoliene, turbine eoliene  
Keywords: wind gearbox, wind multipliers, wind turbines

#### 1. Introducere

În figura 1 se prezintă schema generală a unei instalații energetice eoliene cu turbină cu axul orizontal, unde părțile principale sunt: • rotorul, în general, cu pas reglabil printr-un mecanism de poziționare a palelor; • arborele principal, lăgăruit în structura nacelei; • multiplicatorul de turație, în aval de rotor; • generatorul electric și tabloul electric cu convertizor de frecvență și soft specializat; • nacela și sistemul de poziționare (azimutare); • turnul, purtător al nacelei și turbinei.

În anii 1990–1995 instalațiile energetice eoliene aveau puteri de 50–750 kW. În mai puțin de două decenii puterea turbinelor eoliene a ajuns curent la 0,75 – 2 MW, multe trec de 3,5 MW și chiar de 5 – 6 MW (tabelul 1). În plus, turbinele eoliene sunt tot mai mult instalate offshore (în afara țărmului), unde beneficiază de vânt cu viteza medie

mai mare, datorită lipsei obstacolelor, fapt ce a încurajat producerea de unități de 5 – 7 MW.

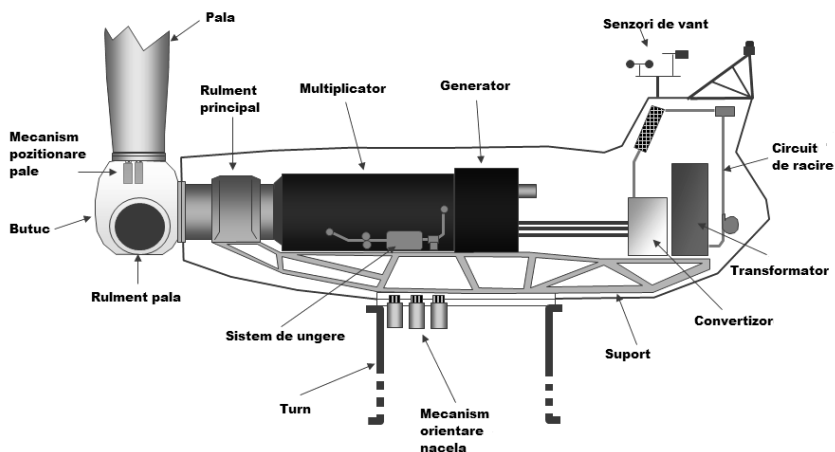


Fig. 1 Schema generală a unei instalații energetice eoliene [7]

Tabelul 1

Tipul instalației	Diametrul rotorului m	Viteza vântului m/s	Turația rotorului rpm	Puterea generatorului MW	Înălțimea turnului m
REpower Systems	48,4	3,5 - 20	22,5	0,75	50 - 75
	70	3,5 - 25	10 - 20	2	65
	82	3 - 25	8,5 - 17,1	2	59 - 100
GE Wind Energy	77	3 - 20	10,1 - 20,4	1,5	61,4 - 100
	88	4 - 25	6 - 16,5	2,5	80
	104	3,5 - 25	8,5 - 15,3	3,6	-

Tabelul 2

Instalația	Multiplicatorul
Cu rotorul montat pe axul principal al multiplicatorului	Multiplicator cu angrenaje cu axe fixe (2-3 trepte)
Cu multiplicatorul în fața rotorului și	Multiplicator pseudoplanetar

fixat pe suportul rotorului	(în trei trepte)
Cu multiplicatorul fixat pe lagărul rotorului	Multiplicator planetar (2P) fixat pe lagărul rotorului
	Multiplicator planetar (1P; 2P) și angrenaj conic cu ieșirea verticală
Cu multiplicatorul și generatorul suspendate pe axul rotorului	Multiplicator planetar (2P) ancorat pe axul rotorului

Într-o sinteză din 1994, [2], se prezintă conceptul multiplicatoarelor eoliene la acea dată. În tabelul 2 este rezumată acea lucrare, deosebind: multiplicatoare cu angrenaje cu axe fixe și multiplicatoare planetare sau combinate. O prezență aparte este multiplicatorul dispus în fața rotorului (cu angrenaje pseudoplanetare).

Lucrarea de față prezintă soluțiile aplicate la construcția multiplicatoarelor eoliene de top produse în prezent. În plus, se dau câteva elemente care pot sta la baza optimizării structurii (arhitecturii) multiplicatoarelor, problemă studiată în lucrările [1, 5, 6].

## 2. Schemele multiplicatoarelor eoliene actuale

Practic, multiplicatoarele instalațiilor eoliene actuale se realizează pe schemele din figura 2. Se deosebesc trei scheme:

- multiplicatoare planetare într-o treaptă (1P);
- multiplicatoare în trei trepte – o treaptă planetară + două trepte cu axe fixe (1P + 2H);
- multiplicatoare în trei trepte – două trepte planetare + o treaptă cu axe fixe (2P + 1H).

Comparând figura 2 cu tabelul 2 se pot observa următoarele: ● s-a renunțat la multiplicatoarele cu axe fixe; ● s-a renunțat la multiplicatoarele pseudoplanetare instalate în bulbul rotorului; ● s-au dezvoltat noi multiplicatoare cu angrenaje planetare sau combinate (planetare + axe fixe).

## 3. Caracteristicile multiplicatoarelor eoliene

Multiplicatoarele 1P (figura 2, tabelul 3 - Caracteristicile multiplicatorului instalațiilor AREVA [8.2]) Schema 1 P asigură raport de transmitere 10 și se aplică la instalațiile cu generatoare electrice de turație medie (45 – 150 rpm). Schema 1P permite rapoarte 6 – 13 cu trei sateliți, 4 – 6 cu 4 sateliți și sub 4 – cu 5 sateliți [5]).

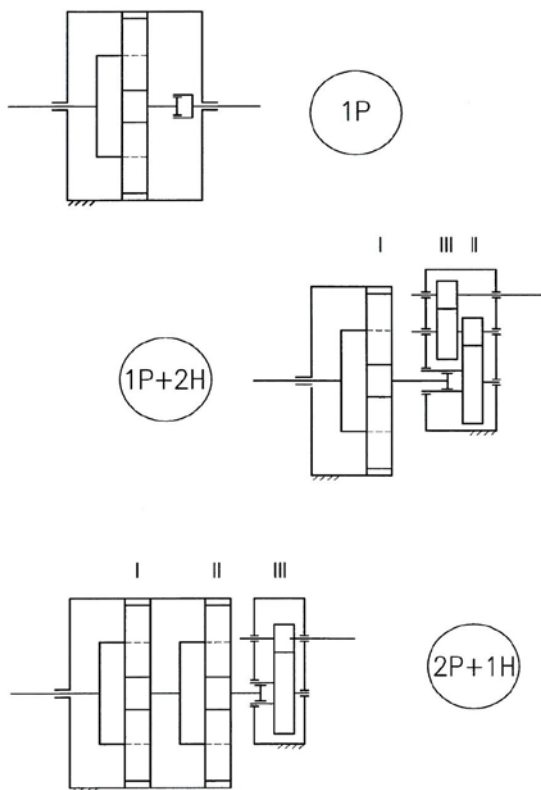


Fig. 2

Schemele  
cinematice  
ale  
multiplicato-  
arelor  
instalațiilor  
energetice  
eoliene  
moderne

A doua schemă, 1P + 2H, are prima treaptă planetară. Pe treapta planetară este fixată o carcasă cu două trepte cu angrenaje cu axe fixe. Pentru instalațiile/multiplicatoarele Nordex/Hansen se dau caracteristicile în tabelul 4, la grupuri de 0,8 – 6,15 MW, cu rapoarte de transmitere mari (60 – 104) pentru generatoare electrice de turație mare (1000/1800 rpm) [8.7, 8.6].

Tabelul 3

Puterea generatorului	MW	5,26
Momentul nominal la rotor, max.	kN m	3600
Diametrul rotorului	m	116
Raportul de transmitere	-	10

Turația rotorului	rpm	4,5 - 14,8
Turația generatorului	rpm	45,1 - 148,5

Cea de a treia schemă, 2P + 1H, se aplică de asemenea la instalațiile de puteri și turații mari: 1,5 – 3,6 MW, 700 – 1000 rpm – tabelele 5 (Caracteristicile multiplicatoarelor Eickhoff [8.4] Schema: 2P+1H (figura 2) și 6 (Caracteristicile multiplicatoarelor instalațiilor Nordex [8.7] Schema: 2P+1H (figura 2)).

Tabelul 4

Instalația/multiplicatorul		NORDEX			HANSEN
Puterea generatorului	MW	0,8	1,3	1,5	6,15
Momentul nominal la rotor, max	kNm				5425
Diametrul rotorului	m	50	62	77	
Raportul de transmitere	-	63,6	78,3; 94,4	104	97,12
Turația motorului	rpm	15,3 - 23,75	12,8 - 19,2	9,9 - 17,3	12,05
Turația generatorului	rpm	1000/1500	1000/1800	1000/1800	1000
Masa multiplicatorului	t	5,3	10,9	14	63

Tabelul 5

Puterea generatorului	MW	1,5	2,0	2,5	3,3	3,6
Momentul nominal la rotor, max	kNm	934	1378	1900	2525	2509
Diametrul rotorului	m	70 - 77	82 - 92	80 - 90	104	100 - 104
Raportul de transmitere	-	71,8 - 103,9	106 - 120	72 - 93,4	87,3	94 - 134,2
Masa multiplicatorului	t	14,0	23,8	20,3	30,0	28,0

Tabelul 6

Puterea generatorului	MW	2,5	2,3
Diametrul rotorului	m	80	90
Raportul de transmitere	-	68,1	77,44
Turația rotorului	rpm	10,9 - 19,1	9,6 - 16,9
Turația generatorului	rpm	700 - 1300	700 - 1310
Masa multiplicatorului	t	18,5	

### BIBLIOGRAFIE

- [1] Dinner, H., *Trends in wind turbine drive trains*. www.EES KISSsoft.ch, 5p.
- [2] Miloiu, Gh., *Transmissions for wind turbines*, 5<sup>th</sup> EWEA Conference, 1994, Tesseloniki, Greece, pag. 522 – 527.
- [3] Miloiu, Gh., a.o.: *Optimal design of two step gear units, regarding the main parameters*, VDI Berichte, Nr.1230, 1996, pag. 227 – 244.
- [4] Salje, H., *Hochverzahnung – Tragfähigkeits- und Geräuschunter – suchungen an Hochverzahnungen*, FVA H.252, 150S, 1987.
- [5] Schutz, C.D., *The effect of gearbox architecture on wind turbine enclosure size*, AGMA Technical Paper, 09FTM19, 2009, 19 pag.
- [6] Velicu, R., Bozan, C., *Gear ratios of planetary double step multipliers for wind turbines from minimum volume criterion*, ADEKO - Machine Design, 2010. pag. 137 – 140.
- [7] Wilby, R.D., *Reliability challenges in the off – shore wind industry*, BMT Reliability Consultants Ltd, 12 pag.
- [8] \* \* \* Documentație de la firmele: [8.1] ABB. Products and services for wind turbines. Electrical drivetrain solutions and products for turbine subsystems. [8.2] AREVA Wind Bremerhaven – D. [8.3] BREVINI WIND. Main gearboxes for wind turbines. Yorktown Indiana – SUA. [8.4] EICKHOFF Antriebstechnik Bochum – D. [8.5] GE Wind Energy Salzberger – D,. 8.6] HANSEN Transmissions Kontich – B. [8.7] NORDEX Hamburg – D. [8.8] REpower Systems Hamburg – D. [8.9] WIKOW Hronov – CZ. [8.10] WINENERGY Voerde – D.

Dr.Ing. Gheorghe MILOIU, e-mail: gmiloiu@confind.ro

Specialist SC Confind Câmpina, membru ROAMET

Ing. Mihai IONEL, e-mail: cornerprod@xnet.ro

Specialist SC Corner Prod Câmpina, membru ROAMET